

PERANCANGAN DAN ANALISA PENGGELARAN LTE PADA FREKUENSI 700 MHZ DENGAN METODE ADAPTIF MODULATION CODING UNTUK IMPLEMENTASI DIGITAL DIVIDEND DI WILAYAH SUB-URBAN DAN RURAL KABUPATEN BANYUMAS

DESIGN AND ANALYSIS OF LTE DEPLOYMENT ON 700 MHZ FREQUENCY WITH ADAPTIVE MODULATION CODING METHOD FOR DIGITAL DIVIDEND IMPLEMENTATION IN SUB-URBAN AND URBAN AREA OF BANYUMAS REGENCY

Ade Wahyudin¹, Sakinah²

¹Program Studi Teknik Telekomunikasi Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom Purwokerto,

² Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro Universitas Jendral Achmad Yani

¹adewahyudin@st3telkom.ac.id, ²sakinasakino@gmail.com

Abstrak

Rencana Implementasi *analouge switchover to TV digital* akan menjadikan solusi dalam menyikapi terbatasnya alokasi spektrum radio untuk memenuhi pengembangan serta pemerataan *mobile broadband* di Indonesia. Pemanfaatan frekuensi 700 MHz untuk teknologi untuk teknologi LTE (*Long Term Evolution*) akan memberikan dampak yang positif terhadap bagi penyebaran layanan telekomunikasi terutama pada wilayah rural yang memiliki penetrasi *broadband* yang kecil, sehingga mampu mengurangi kesenjangan *digital* antara wilayah urban, sub-urban dan rural. Perancangan jaringan LTE FDD pada frekuensi 700 MHz band menggunakan skenario *bandwidth* 15 MHz dan 10 MHz di wilayah Sub-Urban dan Rural Kabupaten Banyumas yang dilakukan dengan menggunakan pendekatan *coverage*, kapasitas dan simulasi menggunakan *software* Atoll untuk menganalisa performa jaringan LTE. Pada pendekatan *coverage* dengan menggunakan model propagasi Okumura-Hatta membutuhkan 13 e_NodeB untuk dapat mencakup seluruh wilayah pengamatan. Sedangkan pendekatan kapasitas pada skenario *bandwidth* 10 MHz cembutuhkan 8 e_NodeB (MIMO 2x2) dan 4 e_NodeB (MIMO 3x3) dan pada skenario bandwidth 15 MHz membutuhkan 4 e_NodeB baik menggunakan MIMO 2x2 maupun MIMO 3x3. Berdasarkan simulasi kualitas sinyal, didapatkan nilai rata-rata RSRP -72.2 dB dan SINR rata-rata 6.83. Sedangkan nilai index CQI sebesar 7.17, sehingga perangkat *user* yang dapat menerima layanan adalah yang memiliki spesifikasi modulasi 64QAM dengan *code rate* 466 dan efisiensi 2.7. Pada parameter nilai *throughput* memiliki perbedaan antara kedua skenario, dimana *bandwidth* 15 MHz memiliki *throughput* hingga 52 Mbps sedangkan *bandwidth* 10 MHz hanya 16 Mbps.

Kata kunci: *Long Term Evolution, Atoll, Thprughput, Okumura Hatta, SINR, RSRP*

Abstract

The planning of *analouge switch over to TV digital* implementation will become a solution to deal with limited radio spectrum allocation to meet the development and the distribution of *mobile broadband* in Indonesia. The utilization of 700 MHz band frequency for LTE technology will give positive impact for telecommunication services deployment especially in rural area which has low *broadband* penetration, so as to reduce the digital divide between urban, sub-urban and rural area. Long Term Evolution FDD network design at frequency 700 MHz using bandwidth 10 MHz and 15 MHz scenario at sun-urban and rural area in Banyumas Regency which is done by using approach of

coverage, capacity and softwareAtoll simulation to analysis LTE network performance. On coverage approach by using Okumura-Hatta Propagation Model require 13 e_NodeB to cover the observation area. While the approach of capacity in 10 MHz bandwidth scenario requires 8 e_NodeB (MIMO 2x2) and 4 e_NodeB (MIMO 3x3). While at At 15 MHz bandwidth scenario needs 4 e_NodeB either using 2x2 MIMO and 3x3 MIMO. Based on the simulation of signal quality, the average value of RSRP is -72.2 dB and the SINR average is 6.83. While CQI index value is 7.17, so that the user device which can receive the service are those that have specifications 64QAM modulation with rate code 466 and efficiency 2.7. In parameter thrupghput have differences between the two skenarios, where the bandwidth of 15 MHz has a thrupghput of up to 52 Mbps while the bandwidth of 10 MHz is only 16 Mbps.

Keywords: Long Term Evolution, Atoll, Thrupghput, Okumura Hatta, SINR, RSRP

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini layanan TIK (Teknologi Informasi dan Komunikasi) mengubah pola hidup individu, sosial, dan bisnis. Telah banyak penelitian yang memperlihatkan bagaimana TIK dapat berpengaruh secara signifikan terhadap perekonomian mikro maupun makro suatu negara. Selain itu bermunculannya berbagai macam layanan teknologi multimedia berkecepatan tinggi seperti *Mobile TV*, *video conference*, *video streaming* membutuhkan dukungan dari teknologi *broadband* yang mampu mendukung layanan tersebut.

Dengan kondisi geografis Indonesia yang sangat luas, terdiri dari kurang lebih 13.000 pulau menyebabkan percepatan perluasan dan pengembangan infrastruktur *broadband* menjadi sedikit lambat. Solusi tepat dalam pengembangan *broadband* di Indonesia adalah dengan kebijakan pengembangan *mobile broadband*. *Mobile broadband* menjanjikan biaya penyelenggaraan yang lebih murah serta skala ekonomi yang lebih baik dibandingkan dengan pengembangan *fixed broadband* yang memiliki jangkauan terbatas dan investasi yang jauh lebih mahal.

Untuk menyiapkan hal tersebut, terdapat kekhawatiran mengenai kurangnya alokasi spektrum frekuensi radio untuk memenuhi kebutuhan pengembangan *mobile broadband* di Indonesia. Sama seperti halnya beberapa negara di dunia yang juga mengalami permasalahan kekurangan spektrum frekuensi radio untuk memberikan layanan suara, teks, dan internet kepada pelanggannya. Fenomena kekurangan spektrum tersebut disebut “spectrum crunch” [1].

Salah satu solusi untuk masalah di atas yaitu dengan adanya pemanfaatan pita frekuensi yang saat ini dipakai oleh TV Analog yaitu pada range frekuensi 694 – 820 MHz. Proses migrasi TV Analog menuju TV *Digital (digital dividend)* memberikan peluang yang sangat menjanjikan bagi operator untuk menggunakan frekuensi 700 MHz sebagai frekuensi kerja LTE. Salah satu keuntungan dari penggunaan frekuensi 700 MHz tersebut yaitu radius sel yang lebih luas.

Berdasarkan laporan konsultan BCG (*Boston Consulting Group*), alokasi pita 700 MHz kepada *mobile broadband* akan memberikan perbedaan signifikan untuk pembangunan di wilayah pedesaan, memberikan lebih dari 9,7 juta lebih pelanggan pada tahun 2020. Hal ini merepresentasikan 22% peningkatan di atas ekspansi *baseline* yang diperhitungkan selama periode dimaksud [1].

Indonesia akan mendapatkan manfaat ekonomi substansial bilamana memilih untuk mengalokasikan 700 MHz kepada *mobile broadband*. Apakah diukur dalam GDP (*Gross Domestic Product*), pendapatan pemerintah, penciptaan bisnis maupun lapangan pekerjaan baru. Hal ini dapat memberikan manfaat lebih produktif dibandingkan mengalokasikan pita ini untuk bidang lainnya seperti penyiaran. Oleh karena itu, penelitian ini akan membahas mengenai perencanaan dan

analisis penggelaran layanan 4G LTE pada pita frekuensi 700 MHz dalam rangka implementasi frekuensi *digital dividend*.

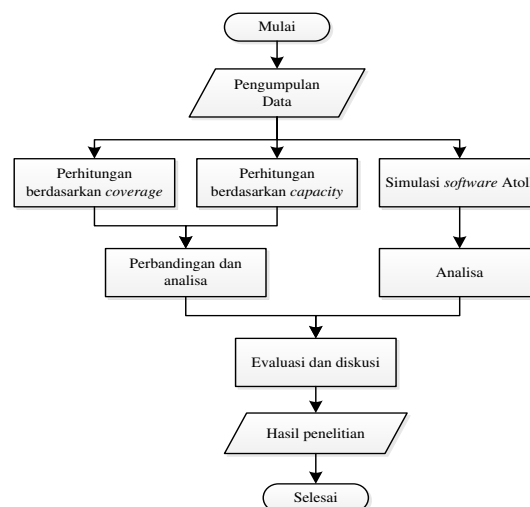
Oleh sebab itu diperlukan suatu kajian mengenai perancangan jaringan 4G LTE pada frekuensi 700 MHz, di daerah rural. Karena karakteristik penggunaan frekuensi 700 MHz sangat sesuai dengan wilayah rural yang memiliki wilayah yang luas, serta secara bisnis sangat menguntungkan. Investasi LTE di wilayah rural akan lebih hemat karena pembangunan e_NodeB akan sangat sedikit bila menggunakan frekuensi 700 MHz dibandingkan dengan penggunaan frekuensi yang lebih tinggi [2].

Untuk menciptakan jaringan LTE yang handal dibutuhkan perencanaan yang matang baik secara jangkauan dan kapasitas, oleh karena itu penulis menggunakan software Atoll. Atoll adalah salah satu *software* yang dapat digunakan untuk membangun simulasi perencanaan jaringan LTE. Dengan Atoll versi 3.2.1, perencanaan dapat dilakukan mulai dari core network, base station hingga *user equipment*. Teknologi yang didukung pada software atoll adalah GSM/GPRS/EDGE, CDMA2000/EV-DO, TD-SCDMA, UMTS/HSPA, WiMAX, Microwave Links, LTE/LTE-A, WI-FI. Atoll mampu untuk melakukan desain jaringan microwave berdasarkan standar industri, rekomendasi ITU, dan standar operator.

Pada penelitian penulis sebelumnya yang berjudul “Perencanaan dan Analisis Tekno Ekonomi Migrasi UMTS Menuju LTE Pada Frekuensi 700 MHz di DKI Jakarta” menjelaskan mengenai proses transisi dari jaringan UMTS menuju LTE di daerah dense urban, DKI Jakarta. Namun penelitian tersebut memiliki kekurangan yaitu penggunaan frekuensi 700 MHz tidak optimal bila diterapkan di daerah dense urban. Atas dasar itu, penulis berinisiatif untuk mengangkat penelitian dengan judul “Perancangan dan analisa penggelaran LTE pada frekuensi 700 MHz dengan metode Adaptif *Modulation Coding* untuk implementasi *digital dividend* di wilayah sub-urban dan rural Kabupaten Banyumas”.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan dengan menggunakan pendekatan *coverage* (cakupan) dan *capacity* (kapasitas) dengan metode adaptif *modulation coding* serta simulasi *radio planning* menggunakan *software* Atoll versi 3.2.1.5838, seperti di ilustrasikan pada gambar 1. Proses simulasi perencanaan jaringan LTE Kabupaten Banyumas dengan menggunakan 2 skenario. Skenario Pertama adalah frekuensi 700 MHz *bandwidth* 10 MHz dan skenario kedua adalah 700 MHz *bandwidth* 15 MHz.



Gambar 1. Diagram Alir LTE Planning

2.1 Arsitektur Jaringan dan Teknologi Pendukung LTE

Arsitektur LTE dikenal dengan suatu istilah SAE (*System Architecture Evolution*) yang menggambarkan suatu evolusi arsitektur dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. Secara keseluruhan LTE mengadopsi teknologi EPS (*Evolved Packet System*). Di dalamnya terdapat tiga komponen penting yaitu UE (*User Equipment*), E-UTRAN (*Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network*), dan EPC (*Evolved Packet Core*). [3]

Pada jaringan LTE ada beberapa parameter yang dapat diukur untuk menentukan *Key Performance Indicator* (KPI), seperti RSRP, SINR, QCI Index dan *Throughput*.

1. RSRP

Kuat sinyal yang diterima *User Equipment* (UE) pada teknologi LTE disebut dengan *Reference Signal Received Power* (RSRP). Nilai RSRP yang merupakan *power sinyal reference* yang digunakan untuk menunjukan bagus tidaknya *coverage* jaringan pada suatu daerah.

Tabel 1. Rentang Nilai RSRP [4]

Nilai	Keterangan
≥ -71 dBm	Very Good
< -71 dBm to ≤ -81 dBm	Good
< -81 dBm to ≤ -91 dBm	Normal
< -91 dBm to ≤ -101 dBm	Bad
< -101 dBm	Worst

2. SINR

Signal to Interference Noise Ratio (SINR) merupakan perbandingan kuat signal dibanding dengan interferensi signal dari sel lain. Parameter ini menunjukan level daya minimum dimana *user* masih bisa melakukan suatu panggilan.

Tabel 2. Rentang Nilai SINR [4]

Nilai	Keterangan
16 dB to 30 dB	Good
1 dB to 15 dB	Normal
-10 dB to 0 dBm	Bad

3. Radio bearer

Radio bearer merupakan Parameter yang mewakili nilai CQI Index yang digunakan. CQI Index merupakan parameter yang menunjukan jenis modulasi yang digunakan pada sistem jaringan LTE.

Tabel 3. LTE CQI Index [5]

CQI index	modulation	code rate x 1024	efficiency
0	out of range		
1	QPSK	78	0.1523
2	QPSK	193	0.3770
3	QPSK	449	0.8770
4	16QAM	378	1.4766
5	16QAM	490	1.9141
6	16QAM	616	2.4063
7	64QAM	466	2.7305
8	64QAM	567	3.3223
9	64QAM	666	3.9023
10	64QAM	772	4.5234
11	64QAM	873	5.1152
12	256QAM	711	5.5547
13	256QAM	797	6.2266
14	256QAM	885	6.9141
15	256QAM	948	7.4063

4. Throughput

Throughput merupakan besaran kecepatan akses data yang didapat oleh *user*.

2.2 Konfigurasi Frekuensi APT 700 MHz FDD

Dalam penelitian ini, menggunakan standar frekuensi 700 MHz yang ditetapkan oleh APT (*Asia Pacific Telecommunity*). APT merupakan *wireless forum* yang menetapkan standar konfigurasi untuk frekuensi 700 MHz dalam 2 Varian yaitu untuk FDD 2x45 MHz dan TDD 2x45MHz, keduanya mencakup jangkauan frekuensi 698-806 MHz. Untuk konfigurasi APT 700 FDD, memiliki *passband bandwidth* sebesar 45 MHz dengan 10 MHz *duplex gap*. Sebuah *lower guard-band* dialokasikan 5 MHz antara 698-703 MHz, sedangkan 3 MHz dialokasikan untuk *upper guard band* diantara 803-806 MHz. selain itu *lower block* (703 – 748 MHz) dialokasikan untuk transmisi *Uplink mobile* [6].

2.3 Perencanaan berdasarkan pendekatan Coverage

1. Penentuan Daerah Layanan

Penentuan daerah layanan dimaksudkan agar perencanaan yang dilakukan difokuskan berdasarkan data-data yang berkaitan dengan daerah tersebut. Daerah yang menjadi fokus dalam perencanaan jaringan LTE ini yaitu daerah kabupaten banyumas yang memiliki *geotype* rural. Bila dilihat dari data BPS luas wilayah kabupaten banyumas adalah 1327,4 Km²[7], wilayah banyumas didominasi sub-urban dan rural, kecuali wilayah kota Purwokerto yang memiliki luas wilayah 38.4 km². Sehingga wilayah layanan jaringan LTE pada penelitian ini adalah 1289 Km².

2. Perhitungan MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*) [8]

MAPL dihitung berdasarkan arah *uplink* dan *downlink*. Berikut tahapan untuk menghitung nilai MAPL.

- MAPL *Uplink*

persamaan MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*)

$$MAPL_{uplink} = (PT + GT - BL) - (NF + TN + SINR) - IM - CL + GR + MHA\ Gain \quad (1)$$

- MAPL *Downlink*

Sehingga didapat persamaan MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*)

$$MAPL_{downlink} = (PT + GT - CL) - (NF + TN + SINR) - IM - CCO + GR - BL \quad (2)$$

Dimana :

<i>PT</i>	: power transmit	<i>SINR</i>	: signal to interference and noise ratio
<i>GT</i>	: gain transmit	<i>IM</i>	: interference margin
<i>GR</i>	: gain receive	<i>BL</i>	: cable loss
<i>BL</i>	: body loss	<i>CCO</i>	: control channel overhead
<i>NF</i>	: noise figure	<i>MHA Gain</i>	: masthead amplifier gain
<i>TN</i>	: thermal noise		

3. Perhitungan Jari-jari dan Luas Sel [8]

Menghitung jari-jari sel diperlukan untuk menghitung *pathloss* dengan menggunakan metode Okumura-Hatta, yaitu :

$$L_U = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log(h_b) - C_H + [44,9 - 6,55 \log(h_b)] \log d \quad (3)$$

Untuk daerah kecil dan sedang, faktor koreksinya yaitu :

$$C_H = 0,8 + [1,1 \log(f) - 0,7] * h_m - [1,56 \log(f)] \quad (4)$$

Untuk daerah luas :

$$C_H = \begin{cases} 8,29 * (\log(1,54 * h_m))^2 - 1,1 & \text{untuk } 150 \leq f \leq 200 \text{ (MHz)} \\ 3,2 * (\log(11,75 * h_m))^2 - 4,97 & \text{untuk } 200 \leq f \leq 1500 \text{ (MHz)} \end{cases} \quad (5)$$

Sehingga, radius sel maksimum yang bisa dicakup dimodelkan dengan persamaan berikut ini :

$$d_{Km} = \log^{-1} \left[\frac{MAPL - C_1 - C_2 \log(f) + 13,82 \log(h_b) + C_H}{44,9 - 6,55 \log(h_b)} \right] \quad (6)$$

Dimana :

L_U = Pathloss di area urban (dB)

$C_1 = \begin{cases} 69,55 & \text{untuk } 400 \leq f \leq 1500 \text{ (MHz)} \\ 46,30 & \text{untuk } 1500 \leq f \leq 2000 \text{ (MHz)} \end{cases}$

$C_2 = \begin{cases} 26,16 & \text{untuk } 400 \leq f \leq 1500 \text{ (MHz)} \\ 33,90 & \text{untuk } 1500 \leq f \leq 2000 \text{ (MHz)} \end{cases}$

f = frekuensi (MHz)

h_b = tinggi antena Base Station (km)

h_m = tinggi antena *Mobile* Station (km)

C_H = faktor koreksi tinggi antenna

d = jarak antara MS dan BS (Km)

Sedangkan untuk menentukan luas dari sel yang menggunakan *trisectoral*, dapat diperhitungkan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$L_{cell} = 1,95 \times 2,6 \times d^2 \quad (7)$$

Dimana :

L_{cell} : luas sel

d : jari-jari sel (km)

4. Perhitungan Jumlah Sel [8]

Untuk menentukan jumlah sel, dapat diperhitungkan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\sum LTE \text{ Cell} = \frac{L_{Area}}{L_{Cell}} \quad (8)$$

Dimana :

$\sum LTE \text{ Cell}$: Jumlah sel LTE

2.4 Perencanaan berdasarkan pendekatan capacity

1. Estimasi Pelanggan Potensial

Analisa Jumlah pelanggan penting dilakukan agar kualitas layanan yang sudah dibangun nantinya mampu memenuhi kebutuhan *user* yang tersebar di daerah yang direncanakan. Kabupaten Banyumas, berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), pada tahun 2015 memiliki jumlah penduduk 1.620.918 jiwa penduduk.[7]

Dengan menggunakan asumsikan bahwa pengguna ponsel yang aktif adalah penduduk dengan golongan usia dari 15 tahun hingga 64 tahun, serta berdasarkan data BPS 64% penduduk kabupaten banyumas berada di wilayah sub-urban dan rural dan data pengguna LTE oleh operator. Oleh karena itu didapatkan bahwa pelanggan LTE potensial untuk penelitian ini adalah 110.509 pelanggan LTE.

2. Klasifikasi Model Layanan

Layanan yang digunakan pada penelitian ini adalah VoIP, Video Phone, Video Conference, Real Time Gaming, Streaming Media, Signaling, Web Browsing, File Transfer dan email. Dari layanan yang digunakan tersebut, maka dilakukan perhitungan *throughput* per layanan dengan ketentuan berikut: [10]

$$\text{Throughput} = \text{Bearer rate} \times \text{session time} \times \text{session duty ratio} \times \left(\frac{1}{1 - \text{BLER}} \right) \quad (9)$$

Dimana, BLER adalah nilai *block error* yang masih bisa ditoleransi.

Tabel 4. Parameter Layanan LTE [10]

Traffic Parameters	Uplink					Downlink					Penetrati on Ratio	BHSA
	Bearer Rate (Kbps)	PPP Session Time (s)	PPP Session Duty Ratio	BLER	Throughput/ session	Bearer Rate (Kbps)	PPP Session Time (s)	PPP Session Duty Ratio	BLER	Throughput /session		
Voip	26.9	80	0.4	1%	869.495	26.9	80	0.4	1%	869.495	2	0.1
Video Phone	62.53	70	0.2	1%	884.263	62.53	70	0.2	1%	884.263	2	0.1
Video Conference	62.53	500	0.1	1%	3158.081	62.53	500	0.1	1%	3158.081	2	0.1
Real Time Gaming	31.26	1800	0.5	1%	28418.182	125.06	1800	0.8	1%	181905.455	15	1.2
Straming media	31.26	1800	0.1	1%	5683.636	250.11	1800	0.9	1%	409270.909	13	1
IMS Signaling	15.63	7	0.2	1%	22.103	15.63	7	0.2	1%	22.103	20	4
Web Browsing	62.53	1800	0.05	1%	5684.545	250.11	1800	0.05	1%	22737.273	15	2
File Transfer	140.69	600	1	1%	85266.667	750.34	600	0.5	1%	227375.758	1	0.2
Email	140.69	50	0.5	1%	3552.778	750.34	50	0.5	1%	18947.980	3	1
P2P File Sharing	250.11	60	0.1	1%	1515.818	750.34	60	0.1	1%	4547.515	1	0.4

Selanjutnya adalah mengitung *single user throughput* dengan rumus berikut: [10]

$$\text{Single User Throughput} = \frac{\left[\sum \frac{\text{throughput}}{\text{sesion}} \right] \times \text{BHSA} \times \text{Penetration ratio} \times (1 + \text{PAR})}{3600} \quad (10)$$

Dimana, BHCA adalah *Busy hour Call Attempt*, *penetration rate* merupakan nilai penetrasi layanan dan PAR adalah *Peak to Average Ratio* sebesar 10%

Tabel 5. Single Service Throughput LTE

Single User Throughput (kbit)	865,721.46	10,322,209.58
Single User Throughput (kbps)	240.48	2,867.28

Setelah kita mendapatkan *single user thrpughput*, maka selanjutnya akan kita hitung total dari kebutuhan jaringan LTE yaitu mengkalikan *single user throughput* dengan jumlah pelanggan potensial LTE dan parameter *busy hour*. Parameter *busy hour* yang digunakan antara lain proporsi total trafik dari hari sibuk dalam satu tahun, Proporsi trafik jam sibuk dalam hari sibuk dan proporsi trafik 1 hari sibuk terhadap total trafik hari sibuk setahun, sehingga didapatkan hasil perhitungan seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 6. Demand Subscriber total

Demand subscriber total (Kbps)	39,862.51	475,290.44
Demand subscriber total (Mbps)	39.86	475.29

3. Perhitungan kapasitas sel

Untuk dapat mengetahui kebutuhan kapasitas informasi dalam satu e_NodeB, maka dibutuhkan perhitungan data rate sesuai dengan modulasi dan *bandwidth* yang digunakan. Persamaan di bawah ini menunjukkan rumus untuk menghitung *data rate*, yaitu : [2]

$$N_{RE} = \frac{N_{subcarrier} \times N_{symbol} \times \text{Subframe Ts} \times N_{RB}}{\text{Subframe Rate}} \quad (11)$$

Dimana :

- N_{RE} : jumlah RE (*Resource Element*)
 $N_{subcarrier}$: jumlah *subcarrier*
 N_{symbol} : jumlah simbol OFDM tiap *subframe*
Subframe Ts : jumlah *timeslot* yang ada untuk 1 *subframe* LTE (2 Ts)
Subframe Rate : durasi dari transmisi untuk 1 *subframe* LTE (1 ms)
 N_{RB} : jumlah RB (*Resource Block*) untuk *bandwidth* tertentu

Maka didapatkan kapasitas sel seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 7. Data rate per *modulation* dan *coding* dan Nilai SINR Berdasarkan MCS

Modulation And Coding	bit/symbol	Data Rate		SINR	
		10 MHz	15 MHz	Uplink	downlink
QPSK 1/2	1	8.4	12.6	-7	-7
QPSK 2/3	1.33	11.17	16.76	-2	-2
QPSK 3/4	1.5	12.6	18.9	4	4
16QAM 1/2	2	16.8	25.2	6,5	6,5
16QAM 2/3	2.67	22.43	33.64	8	8
16QAM 3/4	3	25.2	37.8	10	10
64QAM 2/3	4	33.6	50.4		13,5
64QAM 3/4	4.5	37.8	56.7		15
64QAM 4/5	4.8	40.32	60.48		17
64QAM 5/6	5	42	63		18

Nilai SINR pada tabel di gunakan untuk menghitung persentase distribusi MCS dengan menggunakan pedekatan *coverage* propagasi okumura hata untuk menentukan radius jangkauan berdasarkan MCS masing-masing. Kemudian dikalikan dengan data rate berdasarkan *bandwidth* yang digunakan yaitu 10 MHz dan 15 MHz.

Tabel 8. Kapasitas Sel (a) *bandwidth* 10 MHz (b) *bandwidth* 15 MHz

MCS	Data Rate (Mbps)	Persentase Distribusi (%)		Kapasitas (Mbps)	
		UL	DL	UL	DL
QPSK 1/2	8.4	34.47	28.62	2.89548	2.40408
QPSK 2/3	11.17	22.66	18.81	2.531122	2.101077
QPSK 3/4	12.6	13.7	11.37	1.7262	1.43262
16 QAM 1/2	16.8	11.1	9.22	1.8648	1.54896
16 QAM 2/3	22.43	9.79	8.13	2.195897	1.823559
16 QAM 3/4	25.2	8.28	6.87	2.08656	1.73124
64 QAM 2/3	33.6		5.12		1.72032
64 QAM 3/4	37.8		4.52		1.70856
64 QAM 4/5	40.32		3.82		1.540224
64 QAM 5/6	42		3.51		1.4742
total		100	100	13.30	11.04
Kapasitas Site (3 sektor)				39.90	33.12
Kapasitas Site dengan MIMO 2 x 2				79.80	66.25
Kapasitas Site dengan MIMO 3 x 3				119.70	99.37

MCS	Data Rate (Mbps)	Persentase Distribusi (%)		Kapasitas (Mbps)	
		UL	DL	UL	DL
QPSK 1/2	12.6	34.47	28.62	4.34322	3.60612
QPSK 2/3	16.76	22.66	18.81	3.797816	3.152556
QPSK 3/4	18.9	13.7	11.37	2.5893	2.14893
16 QAM 1/2	25.2	11.1	9.22	2.7972	2.32344
16 QAM 2/3	33.64	9.79	8.13	3.293356	2.734932
16 QAM 3/4	37.8	8.28	6.87	3.12984	2.59686
64 QAM 2/3	50.4		5.12		2.58048
64 QAM 3/4	56.7		4.52		2.56284
64 QAM 4/5	60.48		3.82		2.310336
64 QAM 5/6	63		3.51		2.2113
total		100	100	19.95	16.56
Site capacity (3 sektor)				59.85	49.69
Kapasitas Site dengan MIMO 2 x 2				119.70	99.38
Kapasitas Site dengan MIMO 3 x 3				179.56	149.07

Pada tabel merupakan hasil perhitungan Kapasitas site dengan menggunakan beberapa asumsi yaitu, penggunaan 3 sektor pada masing-masing site serta penggunaan antenna MIMO 2x2 dan MIMO 3x3.

3. ANALISA DAN HASIL SIMULASI

3.1 Hasil Perencanaan Jaringan Seluler Dengan Pendekatan Cakupan

Untuk menghitung jumlah e_NodeB yang dibutuhkan di wilayah sub-urban dan rural Kabupaten Banyumas berdasarkan cakupan area, terlebih dahulu kita harus menghitung nilai *pathloss*, jari-jari dan luas sel.

Tabel 9. Parameter *Link Budget* LTE frekuensi 700 MHz

Uplink Parameter			Downlink Parameter		
Parameter	Nilai	Satuan	Parameter	Nilai	Satuan
Transmitter - UE			Transmitter - eNode B		
Tx Power	23	dBm	Tx Power	46	dBm
Tx Antenna Gain	0	dBi	Tx Antenna Gain	18	dBi
Body Loss	0	dB	Cable Loss	2	dB
EIRP	23	dBm	EIRP	62	dBm
Receiver - eNode B			Receiver - UE		
Noise Figure	2	dB	Noise Figure	7	dB
Thermal noise	-132	dB	Thermal noise	-132	dB
Receiver noise	-130	dB	Receiver noise	-125	dB
Rx SINR	-7	dB	Rx SINR	-9	dB
Rx sensitivity	-137	dB	Rx sensitivity	-134	dB
Interference Margin	1	dB	Interference Margin	4	dB
Cable Loss	2	dB	Control Channel Overhead	1	dB
Rx Antenna Gain	18	dBi	Rx Antenna gain	0	dB
			Body Loss	0	dB
MAPL	175.2	dB	MAPL	191.2	dB

Ada beberapa nilai yang perlu diasumsikan, untuk Kabupaten Banyumas yang termasuk dalam area urban, maka tinggi antena UE 1,5 m (0,0015 km), tinggi antena BS 50 m (0,05 km) dan faktor koreksi tinggi antenna CH= 4,87

Nilai jari-jari sel dihitung berdasarkan arah *uplink* dan *downlink* dengan menggunakan nilai MAPL masing-masing arah. Berdasarkan substitusi persamaan (6) didapatkan rumus untuk mencari nilai jari-jari. Setelah mendapatkan nilai jari-jari sel, selanjutnya menghitung luas sel berdasarkan arah *uplink* dan *downlink*. Mengacu pada persamaan (7). Maka akan kita dapatkan kebutuhan site berdasarkan cakupan (*coverage*) dengan membagi Luas wilayah dengan Luas sel sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 10. Hasil Perhitungan radius, luas dan jumlah e_NodeB LTE Frekuensi 700 MHz

Arah komunikasi	Distance (Km)	Luas cell (Km ²)	Jumlah e_NodeB
<i>Uplink</i>	2,18	24,2	53
<i>Downlink</i>	4,35	96,1	13

3.2 Hasil Perencanaan Jaringan Seluler Dengan Pendekatan Kapasitas

Perencanaan e_NodeB berdasarkan kapasitas dilakukan dengan cara membagi kapasitas maksimum site e_NodeB dengan total demand subscriber berdasarkan *bandwidth* dan teknologi antenna yang digunakan.

Perancangan e_NodeB pada *bandwidth* 15 MHz memiliki kapasitas lebih besar daripada *bandwidth* 10 MHz sehingga menghasilkan jumlah sebaran e_NodeB lebih sedikit yaitu 5 e_NodeB berbanding 8 e_NodeB dengan menggunakan antenna MIMO 2X2. Sedangkan penggunaan antenna MIMO 3X3 menghasilkan jumlah yang sama, yaitu 4 e_NodeB baik *bandwidth* 10 MHz maupun 15 MHz.

Tabel 11. Hasil Perhitungan Jumlah e_NodeB LTE Frekuensi 700 MHz dengan pendekatan kapasitas

Jenis antenna	Jumlah e-Node B Bandwidth 10 MHz	Jumlah e-Node B Bandwidth 15 MHz
MIMO 2x2	8	5
MIMO 3x3	4	4

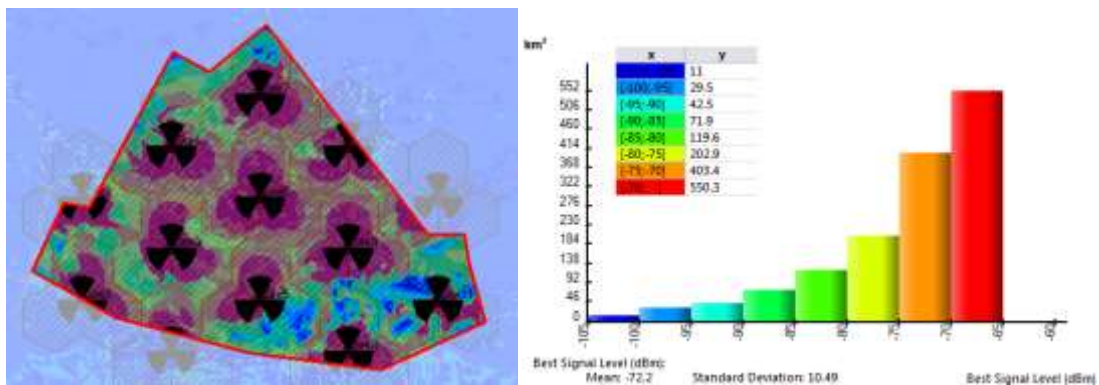
3.3 Hasil Simulasi dengan Software Atoll

Pada simulasi perencanaan LTE dengan menggunakan *software* Atoll, dilakukan dengan 2 skenario penggelaran, yaitu menggunakan *bandwidth* 10 MHz pada frekuensi 700 MHz dan *bandwidth* 15 MHz pada frekuensi 10 MHz. Dimana tujuan dari perencanaan ini untuk menganalisa perbandingan parameter performa jaringan LTE pada kedua skenario tersebut, yaitu RSRP, SINR, *Radio bearer* dan *Throughput*.

Dengan menggunakan parameter link budget yang sama, baik pada skenario *bandwidth* 10 MHz maupun 15 MHz menghasilkan 13 e_NodeB yang mencakupi seluruh wilayah rural dan *sub-urban* banyumas.

1. RSRP

Pada gambar memperlihatkan sebaran RSRP atau kuat sinyal yang dihasilkan oleh masing-masing *transmitter* e_NodeB. Kuat sinyal yang dipancarkan baik pada *bandwidth* 10 MHz dan 15 MHz memiliki nilai yang sama. Dimana rata-rata menghasilkan RSRP sebesar -72.2 dB. Cakupan wilayah kuat sinyal yang memiliki kualitas “*very good*” mencapai 953 Km² atau sekitar 66% dari luas wilayah sub-urban dan rural Kabupaten Banyumas, seperti yang dilustrasikan pada histogram Gambar 2.

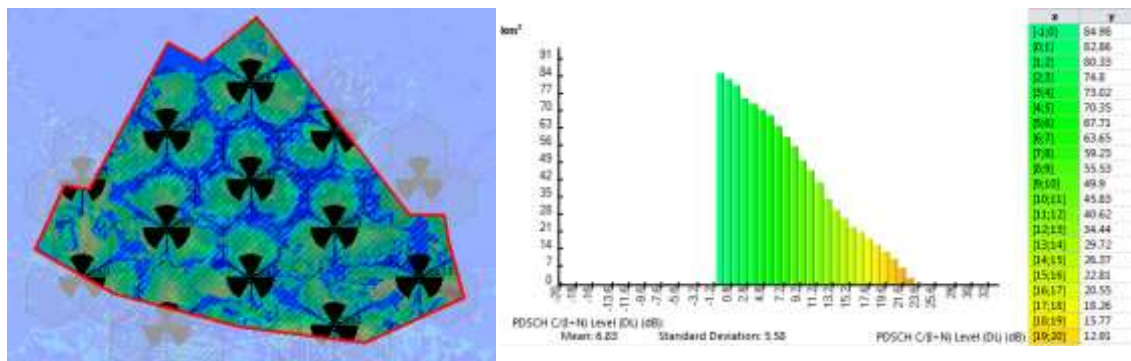


Gambar 2. Sebaran dan Histogram persentase RSRP *bandwidth* 10 MHz dan 15 MHz

Dari hasil sebaran RSRP dapat disimpulkan bahwa secara kuat sinyal wilayah sub-urban dan rural kabupaten Banyumas mampu mendapatkan kualitas sinyal yang cukup baik dimana hanya sebagian kecil area yang mendapatkan kualitas yang jelek yaitu 0.7 % dari luas wilayah pengamatan.

2. SINR

Dari hasil simulasi perhitungan SINR pada kedua skenarion menunjukan hasil yang sama, dimana perbandingan sinyal dan noise menghasilkan nilai rata-rata 6.83 dB. Hal ini menunjukan bahwa nilai tersebut masih berada pada batas ambang normal kualitas.

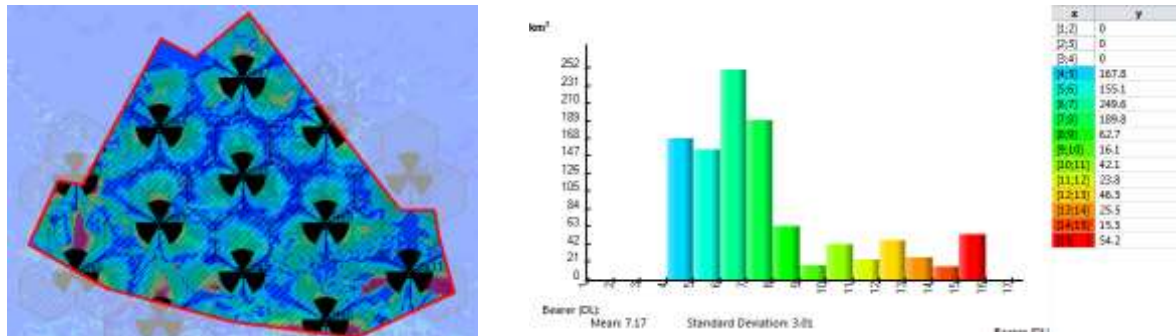


Gambar 3. Sebaran dan Histogram persentase SINR *bandwidth* 10 MHz dan 15 MHz

Pada histogram pada gambar 6, menunjukkan bahwa 7.5% wilayah pengamatan mendapatkan kualitas SINR yang baik sedangkan 92.5 % berada pada batas ambang normal.

3. Radio bearer

Pada simulasi menggunakan *software* Atoll, Kualitas *Radio bearer* pada cakupan wilayah *sub-urban* dan rural kabupaten Banyumas ditunjukkan pada parameter Service Area Analysis. Perhitungan service area analysis menunjukkan nilai CQI index sebesar 7.17. sehingga rata-rata pada wilayah pengamatan hanya menggunakan modulasi 64QAM dengan code rate 466 dan efisiensi 2.73, sesuai dengan Tabel 3.

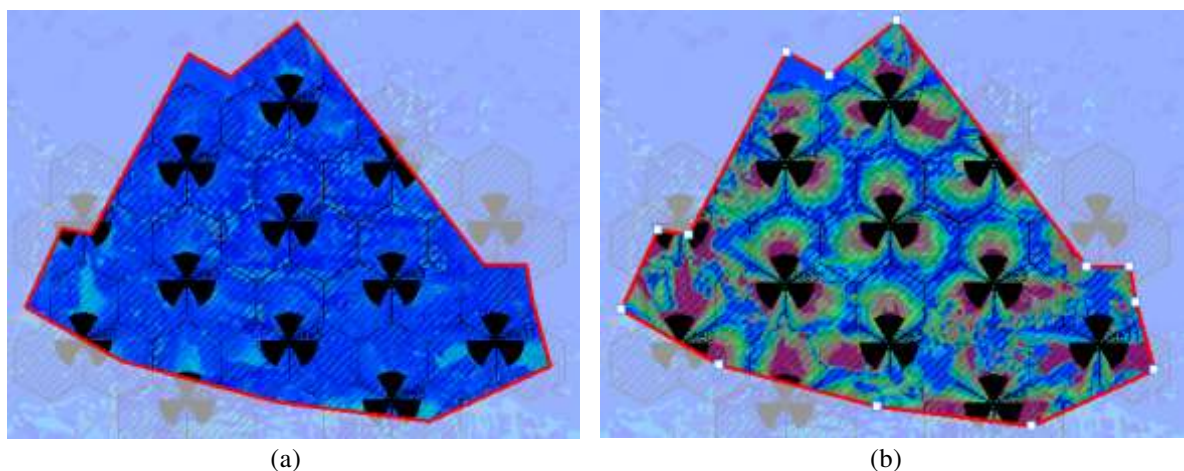


Gambar 4. Sebaran dan Histogram persentase *Radio bearer* bandwidth 10 MHz dan 15 MHz

Berdasarkan histogram gambar Beberapa wilayah dapat nilai CQI index hingga 15, artinya wilayah tersebut mendapatkan layanan dengan modulasi 256QAM, code rate 948 dan efisiensi 7.41.

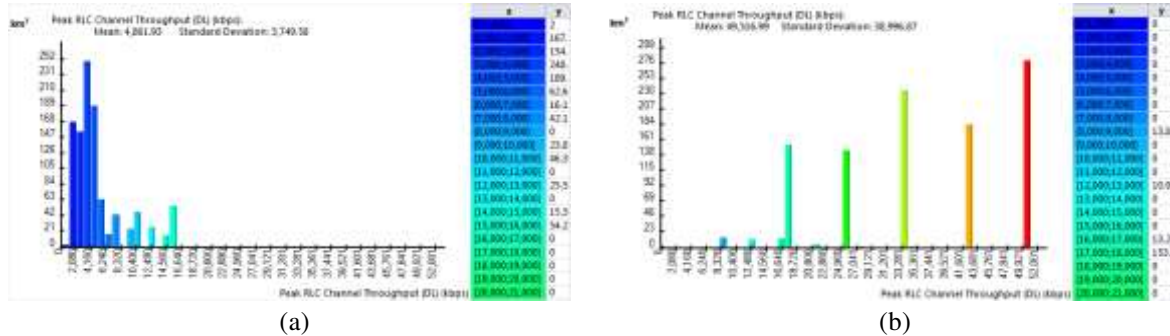
4. Throughput

Parameter *throughput* merupakan besaran kecepatan data yang dapat diakses oleh pengguna jaringan LTE di wilayah pengamatan. Terdapat perbedaan hasil *throughput* pada 2 skenario yang digunakan. Dimana pada skenario *bandwidth* 10 MHz menghasilkan *throughput* maksimum sebesar 16 Mbps dengan rata *throughput* sebesar 4.8 Mbps. Sedangkan, pada skenario *bandwidth* 15 Mbps mampu menghasilkan *throughput* maksimal sebesar 52 Mbps dan rata rata *throughput* sebesar 49.5 Mbps. Kedua skenario menggunakan teknologi antenna Multi User MIMO pada *downlink* dan *receive diversity* pada *uplink*.



Gambar 5. Sebaran *Throughput* (a) *bandwidth* 10 MHz (b) *bandwidth* 15 MHz

Bila dibandingkan dengan perhitungan berdasarkan teori terapat perbedaan nilai yang signifikan pada skenario *bandwidth* 10 MHz, dimana berdasarkan perhitungan teori menghasilkan nilai maksimal *throughput* adalah 66 Mbps (MIMO 2X2) dan 99 Mbps (MIMO 3X3). Sedangkan pada *bandwidth* 15 MHz menghasilkan nilai maksimal *throughput* adalah 99 mbps (MIMO 2X2) dan 149 Mbps (MIMO 3X3).



Gambar 6. Histogram persentase *Throughput* (a) *Bandwidth* 10 MHz (b) *Bandwidth* 15 MHz

Hal ini dapat disimpulkan bahwa penggunaa Bnadwidth 15 MHz mampu memberikan kecepatan data rate yang lebih baik, namun hal tersebut tergantung kepada ketersediann *bandwidth* yang dimiliki oleh suatu operator telekomunikasi yang ingin menggelar LTE di wilayah sub-urban dan rural kabupaten Banyumas.

4. KESIMPULAN

Pada Penelitian Perancangan dan Analisa Penggelaran LTE Pada Frekuensi 700 MHz Dengan Metode Adaptif *Modulation Coding* Untuk Implementasi *Digital Dividend* di Wilayah Sub-Urban dan Rural Kabupaten Banyumas dengan menggunakan *bandwidth* 10 MHz dan 15 MHz, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada perhitungan berdasarkan teori pendekatan *coverage*, dihasilkan 13 eNode. Hal tersebut sama dengan jumlah e_NodeB yang dihasilkan berdasarkan simulasi *software*Atoll.
2. Pada perhitungan berdasarkan teori pendekatan kapasitas mengasilkan nilai yang berbeda berdasarkan *bandwidth* yang digunakan dan teknologi antenna yang digunakan. Pada bandwith 10 MHz membutuhkan 8 e_NodeB (MIMO 2x2) dan 4 e_NodeB (MIMO 3x3). Sedangkan pada Pada bandwith 15 MHz membutuhkan 4 e_NodeB baik menggunakan MIMO 2x2 maupun MIMO 3x3.
3. Dari kedua skenario *bandwidth* 10 MHz dan 15 MHz menghasilkan jumlah e_NodeB, pola radiasi dan kuat sinyal yang sama dengan rata-rata RSRP sebesar -72.2 dB. Hal ini dikarenakan kedua skenario menggunakan parameter link budget yang sama, sehingga tidak mempengaruhi kualitas sinyal pada 13 eNode yang dirancang.
4. Pada perhitungan simulasi SINR dan *radio bearer* menunjukan bahwa kedua skenario nilai yang sama. Dimana kualitas SINR rata-rata berada pada level normal sebesar 6.83 dB dan kualitas *radio bearer* yang di representasikan pada nilai CQI index sebesar 7.17 sehingga perangkat *user* yang mampu menerima layanan adalah yang memiliki spesifikasi modulasi 64QAM dengan code rate 466 dan efisiensi 2.7.
5. Pada perhitungan simulasi *thrupghput*, menghasilkan nilai yang berbeda tergantung pada penggunaan *bandwidth*. Pada *bandwidth* 10 MHz menghasilkan *throughput* maksimal sebesar 16 Mbps dan 15 MHz mengasilkan *throughput* maksimal 52 Mbps.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Setiawan, Denny. 2013. *Pemodelan Akselerasi Implementasi Digital Dividend* di Indonesia. Disertasi Universitas Indonesia. Jakarta.
- [2] Wahyudin, Ade. Muayyadi, Ali. Mufti A, Nachwan dan Hasan, Taufik. 2013. *Planning and Techno-Economy Analysis of UMTS to LTE Migration at Frequency 700 MHz in DKI Jakarta*. Proceeding SITIA ITS. Surabaya.
- [3] Saputra, Riza. 2009. *Kajian Tekno-Ekonomi Penggelaran Teknologi Long Term Evolution (LTE)* di Kota Bandung. Institut Teknologi Bandung.
- [4] Hikmaturokhman, Alfin. Wardana, Lingga. Fernando, Brian. Mhardika, Gita dan Dharmanto, Satriyo. 2015. *4G Handbook* Versi Bahasa Indonesia Jilid 2. www.nulisbuku.com. Jakarta.
- [5] Kawser, Mohammad T. Hamid, Nafiz Imtiaz Bin. Hasan, Md Nayeemul. Shah Alam, M. dan Rahman, Musfiqur. 2012. *Downlink SNR to CQI Mapping for Different Multiple Antenna Techniques in LTE*. International Journal of Information and Electronics Engineering. 2:5 757.
- [6] 4G Americas . 2012 *The Benefit of Digital Deviden*. [Online] Available at: <http://www.4gamericas.org/en/newsroom/press-releases/benefits-digital-dividend-americas/> [diakses pada tanggal 24 Agustus 2016].
- [7] Badan Pusat Statistik Kabupaten Banyumas. 2015. *Kabupaten Banyumas Dalam Angka 2015*. BPS kabupaten Banyumas.
- [8] H, Holma dan A, Toskala. 2010 *WCDMA for UMTS: HSPA Evolution and LTE*, John Wiley & Sons.
- [9] PT. Telekomunikasi Indonesia. 2016 "*Annual Report 2015*". [Online] Available at: http://www.telkomsel.com/media/upload/annualreport/AR_TSEL2015.pdf [diakses pada tanggal 24 Agustus 2016].
- [10] Huawei. 2016. *LTE Radio Network Planning Introduction* [Online] Available at: <http://documents.mx/documents/11-lte-radio-network-planning-introduction-5584605a4eb1b.html> [diakses pada tanggal 26 September 2016]